

# OPTIMASI WADUK REGULATING DAM DI KABUPATEN PRINGSEWU, PROVINSI LAMPUNG

Dharmawan Setiyoko<sup>1)</sup>

Gatot Eko Susilo<sup>2)</sup>

Ahmad Zakaria<sup>2)</sup>

## Abstract

*Argoguruh Weir is the biggest irrigation weir in Lampung Province. This hydraulic structure was developed in 1935, crossing Way Sekampung River and serving Sekampung Irrigation Area which is about 67,000 ha. This weir is supplied by water from Batutegi Dam and baseflow of the upper Way Sekampung basin. Excessive water in Argoguruh Weir is passing by and flowing to the sea. Due to this condition, the government plan to build a dam between Batutegi Dam and Argoguruh Weir.*

*This research aims to carry out a simulation of water balance in the Regulating Dam in order to find the best operational pattern for the dam. The Objective function of the simulation is water elevation of reservoir with probability more than 80%. The constrain of the simulation is that water elevation of the reservoir has to be higher than the water elevation of reservoir dead storage that is +102.30 m. Discharge data used in the simulation is daily discharge data of Argoguruh Weir from the year 2005 to the year 2013. The simulation is operated in 15-days time basis.*

*Results of the simulation indicate that the objective function of the simulation is found in elevation +116.07 m with probability of 80.09%. On that condition, water from the reservoir is utilised for PDAM Pringsewu water supply and for the water supply for 242.90 ha new irrigation area. The lowest water elevation in this condition is +111.86 m. This water elevation is much more higher than the one of reservoir dead storage.*

**Keywords:** *Regulating Dam, Simulasi, Constrain, dan Objective function*

## Abstrak

Bendung Argoguruh adalah bendung irigasi yang terbesar di Provinsi Lampung. Bendung ini dibangun tahun 1935 di Sungai Way Sekampung dan melayani Daerah Irigasi Sekampung seluas 67.000 ha. Bendung ini mendapat suplai air dari Bendungan Batutegi dan baseflow dari DAS Way Sekampung bagian hulu. Kelebihan air yang melewati Bendung Argoguruh selama ini hanya melimpas dan terbuang percuma ke laut. Oleh karena itu, direncanakanlah pembangunan sebuah bendungan di antara Bendungan Batutegi dan Waduk Argoguruh.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi neraca air di Regulating Dam sehingga diperoleh suatu pola operasi yang paling optimal dalam pengoperasian Regulating Dam. Objective function dari simulasi adalah elevasi muka air waduk dengan keandalan 80%. Adapun constrain dari simulasi adalah elevasi muka air waduk tidak boleh kurang dari elevasi muka air untuk tampungan mati yaitu +102,30 m. Data debit yang digunakan dalam simulasi adalah data debit limpasan Bendung Argoguruh dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2013. Simulasi dilakukan untuk periode waktu 15 harian.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa objective function dari simulasi adalah elevasi +116,07 m dengan keandalan 80,09%. Pada saat tersebut air dari Regulating Dam digunakan untuk suplai PDAM Pringsewu sebesar 0.45 m<sup>3</sup>/dt dan pengairan sawah baru seluas 242,90 ha. Adapun elevasi terendah pada simulasi ini adalah +111,86 m yang berarti masih jauh di atas elevasi muka air waduk pada tampungan mati.

**Kata kunci:** *Regulating Dam, Simulasi, Constrain, dan Objective function*

---

<sup>1)</sup> Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung.

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung.

## 1. PENDAHULUAN

Provinsi Lampung memiliki kedudukan yang strategis dalam pembangunan nasional. Di samping letaknya yang strategis karena merupakan pintu gerbang selatan Sumatera, Provinsi Lampung juga memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar terutama potensi sumber daya air. Pelaksanaan pembangunan di bidang sumber daya air di Provinsi Lampung masih dilaksanakan sampai dengan saat ini, mulai dari perencanaan, pelaksanaan fisik konstruksi, sampai dengan operasional dan pemeliharaannya. Pembangunan di bidang sumber daya air tersebut dilakukan untuk memfasilitasi kebutuhan masyarakat terutama untuk bidang pertanian. Di samping itu penyediaan fasilitas air bersih, drainase, dan penanggulangan bencana juga menjadi tujuan lain dalam pembangunan di bidang sumber daya air. Bendungan Batuteги adalah multi purpose dam di Lampung mulai dibangun sejak tahun 1994 dengan ditandatanganinya kontrak pembangunan sistem pengelak dan terowong pengambilan pada 1 Februari 1994. Pengisian waduk awal (initial ponding) dimulai pada 23 Agustus 2001 dan muka air mencapai ketinggian muka air normal (penuh) pada + 274 m baru pada 3 Maret 2003. Sejak tahun 2004 pengelolaan Operasi dan Pemeliharaan bendungan tersebut dipercayakan kepada Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji – Sekampung.

Bendungan/Waduk Batuteги bertugas menyuplai debit ke Bendung Argoguruh untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di daerah hilirnya (Daerah Irigasi Way Sekampung) pada musim kemarau. Pada musim hujan Bendung Argoguruh mengandalkan baseflow Way Sekampung di daerah hulunya. Terkadang pada musim hujan Bendung Batuteги masih harus menyuplai debit ke Bendung Argoguruh karena kurangnya baseflow Way Sekampung. Di sisi lain, bila terjadi banjir di Way Sekampung alirannya melimpas di atas Bendung Argoguruh dan terbuang percuma ke hilir. *Regulating Dam* di sungai Way Sekampung direncanakan dibangun dengan tujuan agar inflow dari DAS Way Sekampung di hilir bendungan Dam Batuteги dan hulu rencana *Regulating Dam* dapat dimanfaatkan secara optimal untuk berbagai kepentingan demi peningkatan kehidupan masyarakat dari pada terbuang ke laut.

Berdasarkan pada hal tersebut, perlu dilakukan suatu optimasi debit pada *Regulating Dam* secara tepat, sehingga setiap wilayah yang memerlukan air dapat terpenuhi kebutuhan airnya secara merata. Sebelum optimasi *Regulating Dam* dapat dilakukan, terlebih dahulu harus dilakukan simulasi operasi pada *Regulating Dam*. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kebutuhan air serta perubahan kapasitas tampungan waduk, sehingga dari hasil perhitungan ini dapat ditetapkan pola operasi waduk yang optimal dengan meninjau hubungan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air.

Maksud dari penelitian ini adalah memperoleh pola operasi optimum dari *Regulating Dam* yang akan dibangun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui elevasi optimum muka air waduk berdasarkan inflow dan outflow *Regulating Dam*.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Operasi Waduk

Suatu waduk dapat dimanfaatkan dengan mengoptimalkan semua elemen dan potensi waduk yang ada dengan menggunakan pola operasi tertentu. Biasanya studi optimalisasi waduk dilakukan dengan mengkaji operasi waduk melalui metode simulasi. Dalam

penyusunan simulasi operasi waduk, hal yang perlu diketahui adalah ketersediaan air, pemanfaatan air, kehilangan air, dan karakteristik waduk. Secara umum persamaan neraca air di waduk diberikan sebagai:

$$\Delta S = I - O \text{ (Harto, 1981)}$$

Di mana:

$\Delta S$  = perubahan volume di tampungan waduk

$I$  = volume air yang masuk tampungan waduk

$O$  = volume air yang keluar tampungan waduk

Untuk simulasi waduk pada *Regulating Dam*, komponen-komponen inflow adalah (Bina Buana Raya Consultant, 2013) : Debit limpasan Bendung Argoguruh (I1).

Adapun komponen-komponen outflownya adalah sebagai berikut:

- a. Debit untuk PDAM Pringsewu sebesar  $0,45 \text{ m}^3/\text{detik}$  (O1) (MDGs, 2013);
- b. Debit untuk PDAM Metro dan Branti sebesar  $0,50 \text{ m}^3/\text{detik}$  (O2) (MDGs, 2013);
- c. Debit untuk PDAM Bandar Lampung sebesar  $2,25 \text{ m}^3/\text{detik}$  (O3) (MDGs, 2013);
- d. Debit evaporasi sebesar  $4,00 \text{ mm/hari}$  (O4);
- e. Debit untuk irigasi sawah di sekitar waduk dengan NFR  $1,2 \text{ liter/ha}$  dan efisiensi saluran primer, sekunder, dan tersier masing-masing 90%, 80%, dan 80% (O5);

Berdasarkan komponen-komponen inflow dan outflow di atas maka neraca air pada waduk *Regulating Dam* dapat diformulasikan sebagai:

$$\Delta S = I1 - O1 - O2 - O3 - O4 - O5$$

Berikut adalah skenario-skenario yang direncanakan dalam simulasi waduk *Regulating Dam*:

- a. Simulasi 1 dengan neraca air:

$$\Delta S = I1 + I2 - O1 - O2 - O3 - O4$$

- b. Simulasi 2 dengan neraca air:

$$\Delta S = I1 + I2 - O1 - O2 - O3 - O4 - O5$$

## 2.2. Daerah Aliran Sungai

Apabila kita berbicara hujan yang jatuh di suatu daerah, maka daerah yang dimaksud merupakan suatu daerah aliran sungai. Daerah aliran sungai atau DAS atau catchment area atau watershed adalah suatu daerah yang dibatasi oleh batas topografi yang tinggi, di mana hujan yang jatuh ke dalam daerah tersebut akan terkumpul di badan-badan airnya dan dialirkan ke arah hilir melalui jaringan pelepasan atau outlet. Komponen-komponen dari suatu DAS adalah: batas-batas DAS, sungai utama beserta badan air yang lainnya, outlet, dan daerah DAS itu sendiri (Susilo, 2006). Ilustrasi sederhana dari sebuah DAS dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar Daerah Aliran Sungai (DAS)

Bentuk dan luas DAS berbeda satu dengan yang lainnya. Luas DAS biasanya dikategorikan menjadi DAS kecil, DAS sedang, dan DAS besar. Tetapi batasan-batasan mengenai hal tersebut tidaklah begitu jelas sehingga orang biasanya menilai besar kecilnya DAS dari jumlah sub-DAS nya. Sebagai contoh: DAS Brantas di Jawa Timur dapat dikategorikan sebagai DAS besar karena merupakan gabungan dari beberapa sub-DAS atau DAS yang lebih kecil seperti DAS Lesti. DAS-DAS kecil biasanya ditemukan di daerah pantai yang berbukit seperti DAS-DAS di daerah Panjang, Propinsi Lampung. DAS-DAS ini biasanya hanya terdiri dari satu sungai utama dengan beberapa anak sungai kecil. Luas dari DAS kecil biasanya berkisar belasan atau puluhan hektar tetapi di bawah seratus hektar.

### 2.3. Evaporasi

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan dari zat cair atau padat menjadi gas. Lebih spesifik dapat diartikan penguapan adalah proses transfer air (moisture) dari permukaan bumi ke atmosfer (Harto, 2000).

Rata-rata molekul tidak memiliki energi yang cukup untuk lepas dari cairan. Bila tidak cairan akan berubah menjadi uap dengan cepat. Ketika molekul-molekul saling bertumbukan mereka saling bertukar energi dalam berbagai derajat, tergantung bagaimana mereka bertumbukan. Terkadang transfer energi ini begitu berat sebelah, sehingga salah satu molekul mendapatkan energi yang cukup untuk menembus titik didih cairan. Bila ini terjadi di dekat permukaan cairan molekul tersebut dapat terbang ke dalam gas dan "menguap".

Ada cairan yang kelihatannya tidak menguap pada suhu tertentu di dalam gas tertentu (contohnya minyak makan pada suhu kamar). Cairan seperti ini memiliki molekul-molekul yang cenderung tidak menghantar energi satu sama lain dalam pola yang cukup buat memberi satu molekul "kecepatan lepas" - energi panas - yang diperlukan untuk berubah menjadi uap. Namun cairan seperti ini sebenarnya menguap, hanya saja prosesnya jauh lebih lambat dan karena itu lebih tak terlihat. Penguapan adalah bagian esensial dari siklus air. Uap air di udara akan berkumpul menjadi awan. Karena pengaruh suhu, partikel uap air yang berukuran kecil dapat bergabung (berkondensasi) menjadi butiran air dan turun hujan. Siklus air terjadi terus menerus. Energi surya menggerakkan penguapan air dari samudera, danau, embun dan sumber air lainnya. Dalam hidrologi penguapan dan transpirasi (yang melibatkan penguapan di dalam stomata tumbuhan) secara kolektif diistilahkan sebagai evapotranspirasi.

Jumlah evaporasi dapat dihitung secara langsung maupun secara teoritis. Cara langsung dapat dilakukan dengan pan evaporation sedangkan cara teoritis biasanya dilakukan dengan metode perhitungan Penmann atau Hargreaves.

### 2.4. Debit Andalan

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Tujuan penetapan debit andalan adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai (Soemarto, 1987). Misalkan debit andalan ditetapkan sebesar 80%, maka akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% dari pengamatan yang ada.

Menurut pengamatan, besarnya debit andalan untuk penyelesaian optimum penggunaan air di beberapa macam proyek adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Debit Andalan untuk Penyelesaian Optimum Penggunaan Air

Jenis Penggunaan Air	Debit Andalan
Untuk penyediaan air minum	99%
Untuk penyediaan air industri	95 – 88%
Untuk penyediaan air irigasi bagi	
- daerah beriklim setengah lembab	70 – 85%
- daerah beriklim terang	80 – 95%
Untuk pembangkit listrik tenaga air	85 – 90%

Sumber : Hidrologi Teknik, 2013

### 3. METODOLOGI

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung terletak pada koordinat  $104^{\circ}48'$  -  $105^{\circ}08'$  BT dan  $05^{\circ}12'$  -  $05^{\circ}33'$  LS, dengan luas wilayah  $\pm 625 \text{ km}^2$ , yang dibatasi sebelah utara Kabupaten Lampung Tengah, sebelah Timur - Selatan Kabupaten Pesawaran dan sebelah barat Kabupaten Tanggamus. Kondisi topografi secara umum bervariasi antara dataran tinggi dan dataran rendah. Lokasi penelitian optimasi waduk *regulating dam* berada di koordinat  $104,918^{\circ}$  BT,  $5,334^{\circ}$  LS yang berada di desa Pekon Bumi Ratu, Kecamatan Pagelaran Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung.

Lokasi penelitian *regulating dam* berada di Desa Pekon Bumi Ratu Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Pringsewu. Di dekat lokasi ini  $\pm 2 - 3 \text{ km}$  ke arah hilir terdapat bangunan Intake PDAM Kabupaten Pringsewu yang mengambil aliran Sungai Way Sekampung.

Rencana area genangan waduk akibat dibangunnya *regulating dam* yaitu berada di desa Pekon Bumi Ratu, Pekon Pamenangan dan Pekon Pasir Ukir, Kecamatan Pagelaran pada sebelah kiri area genangan. Sedangkan di sebelah kanan waduk yaitu meliputi desa Pekon Fajar Baru, Kecamatan Pagelaran Utara dan Giri Mulyo, Giri Tunggal dan Pekon Banjar Rejo, Kecamatan Banyumas.

#### 3.2. Bahan

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Data curah hujan harian selama 9 tahun dari stasiun curah hujan Batutegi dan Argoguruh;
2. Data debit outflow 15 harian selama 9 tahun Bendungan Batutegi;
3. Data debit inflow 15 harian selama 9 tahun Bendung Argoguruh;
4. Data debit limpasan 15 harian selama 9 tahun Bendung Argoguruh;
5. Data luas tangkapan hujan Bendungan Batutegi;
6. Data luas tangkapan hujan Bendungan Batutegi;
7. Data luas tangkapan hujan Bendung Argoguruh;
8. Data luas tangkapan hujan *Regulating Dam*;
9. Peta-peta terkait, seperti: Peta Hidrologi dan Peta Topografi.

#### 3.3. Metode Pelaksanaan Penelitian

Secara umum prosedur dalam penelitian ini akan dilaksanakan sebagai berikut:

##### a. Studi literatur

Studi ini dilaksanakan untuk mendapatkan teori-teori, studi terdahulu, serta berbagai literatur yang mendukung penelitian. Studi kepustakaan dilakukan dengan membaca, meneliti dan memahami segala informasi, baik yang berupa data tertulis maupun yang berupa gambar. Studi ini dilakukan di perpustakaan.

##### b. Pengumpulan data teknis

Pengumpulan data teknis untuk mendapatkan data luas daerah tangkapan di sekitar lokasi studi, morfologi daerah tangkapan, data teknis bendungan berupa data struktur berikut data teknis lainnya seperti luas genangan, lengkung kapasitas, dan kapasitas tampungan.

##### c. Pengumpulan data debit

Pengumpulan data debit ini dilakukan di 2 tempat yaitu di Bendung Argoguruh dan Bendungan Batu Tegi. Data debit di Bendung Argoguruh yang harus didapat adalah data debit inflow pintu intake bendung dan data debit limpasan di atas mercu bendung. Adapun data

debit yang harus diambil di Bendungan Batu Tegi adalah data outflow waduk. Semua data adalah time series data dari tahun 2005 – 2013 dengan periode pengukuran 15 harian.

**d. Penentuan data debit di lokasi *Regulating Dam***

Karena di lokasi *Regulating Dam* tidak terdapat stasiun pengukuran debit, maka penentuan data debit di lokasi *Regulating Dam* dilakukan dengan melakukan perbandingan luas antara daerah tangkapan hujan *Regulating Dam* dan daerah tangkapan hujan Bendung Argoguruh. Hasil perbandingan luas ini kemudian dijadikan acuan untuk memperbandingkan debit di *Regulating Dam* dan Bendung Argoguruh. Tentu saja dengan asumsi bahwa daerah tangkapan hujan *Regulating Dam* dan daerah tangkapan hujan Bendung Argoguruh mempunyai kondisi morfologi yang hampir sama.

**e. Penentuan tujuan simulasi**

Penentuan tujuan simulasi dilakukan untuk memberikan arah dan tujuan simulasi serta menentukan constrain atau faktor kendala yang mempengaruhi proses dan hasil simulasi.

**f. Optimasi waduk *Regulating Dam***

Optimasi waduk *Regulating Dam* dilakukan dengan cara mensimulasikan perilaku elevasi muka air waduk *Regulating Dam* akibat pengaruh inflow dan outflow yang terjadi pada waduk. Optimasi dianggap selesai apabila elevasi muka air waduk yang terjadi selama simulasi telah berjumlah 80% kejadian dari elevasi waduk optimal.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1. Data Morfologi Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Daerah aliran sungai dari *Regulating Dam* merupakan bagian dari DAS Sekampung. Daerah Aliran Sungai Sekampung pada penelitian ini terdiri dari DAS Batuteги, *Regulating Dam*, dan DAS Argoguruh. Daerah Aliran Sungai *Regulating Dam* terletak di antara DAS Batuteги dan DAS Argoguruh.

Daerah Aliran Sungai *Regulating Dam* dan DAS Argoguruh memiliki karakteristik yang relatif sama karena merupakan bagian dari DAS Sekampung yang berada di bagian hulu. Luas DAS *Regulating Dam* adalah 346 km<sup>2</sup>, sedangkan luas DAS Bendung Argoguruh adalah 1.340 km<sup>2</sup>. Total luas DAS Argoguruh dan DAS *Regulating Dam* adalah 1.686 km<sup>2</sup>.

Perbandingan luas antara DAS *Regulating Dam* dan Bendung Argoguruh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{DAS } \textit{Regulating Dam} &= 346 : 1.686 \\ &= 20,52\% \text{ (koefisien A)} \\ \text{DAS Bendung Argoguruh} &= 346 : 1.686 \\ &= 79,48\% \text{ (koefisien B)}\end{aligned}$$

## 4.2. Komponen Inflow dan Outflow

Data inflow dan outflow dipergunakan untuk memperoleh hasil optimasi terbaik dari simulasi yang dilakukan, sehingga diperoleh suatu standar operasional waduk yang baku.

### 4.2.1. Komponen Inflow

Inflow merupakan semua sumber yang menyediakan/menyuplai air yang masuk ke dalam *Regulating Dam*. Pada dasarnya inflow dari *Regulating Dam* adalah debit air yang melimpas di atas Bendung Argoguruh. Debit limpasan tersebut terlebih dahulu harus dikalikan dengan persentase luasan DAS *Regulating Dam* dengan Bendung Argoguruh atau koefisien A yang telah dihitung sebelumnya.

Debit limpasan tersebut kemudian dikonversi menjadi volume limpasan Bendung Argoguruh. Sebagai contoh perhitungan, debit limpasan Bendung Argoguruh pada tahun 2005 adalah 362,24 m<sup>3</sup>/dt. Debit tersebut kemudian dikonversi menjadi satuan volume dengan cara dikalikan jumlah hari pada pertengahan Januari I 2005 lalu dikalikan dengan 24 jam x 60 menit 60 detik atau 86.400 detik, maka hasil perhitungannya adalah:

$$V = 362,24 \text{ m}^3/\text{dt} \times 15 \text{ hari} \times 86.400 \text{ dt} \\ = 469,47 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Volume tersebut kemudian dikalikan persentase total luasan dari DAS *Regulating Dam* dengan luasan dari DAS Argoguruh (Koefisien A). Hasil perhitungannya adalah:

$$V = 469,47 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 20,52\% \\ = 96,34 \times 10^6 \text{ m}^3$$

### 4.2.2. Komponen Outflow

Outflow merupakan semua parameter yang harus disediakan atau disuplai airnya oleh *Regulating Dam*. Parameter-parameter tersebut merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh tampungan *Regulating Dam*. Parameter outflow tersebut antara lain:

1. PDAM Pringsewu 0,45 m<sup>3</sup>/dt
2. Evaporasi 4,00 mm/hari
3. Pengairan sawah dengan NFR 1,20 m<sup>3</sup>/dt

Komponen outflow tersebut menjadi pengurang dari tampungan *Regulating Dam*.

## 4.3. Constrain dari Simulasi

Pada penelitian, yang menjadi constrain dari simulasi *Regulating Dam* adalah menghasilkan suatu simulasi optimum di mana hasilnya harus diperoleh bahwa jumlah air yang ditampung oleh *Regulating Dam* tersebut selama pengoperasiannya tidak kurang dari elevasi +102,30 m atau volumenya tidak kurang dari 6,19 juta m<sup>3</sup>. Elevasi dan volume tersebut merupakan tampungan mati *Regulating Dam*.

## 4.4. Fungsi objektif dari simulasi

Pada penelitian ini, yang dimaksud dengan fungsi objektif dari simulasi *Regulating Dam* adalah tujuan dari nilai elevasi yang ingin dioptimumkan. Nilai tujuan elevasi tersebut diatur sampai mendapatkan hasil simulasi yang diinginkan. Dalam penelitian ini, fungsi objektif yang ditetapkan adalah pada elevasi +115,00 m. Elevasi tersebut ditetapkan sebagai fungsi tujuan dikarenakan waduk diharapkan selalu dalam kondisi penuh sampai dengan elevasi tersebut agar dapat digunakan untuk memenuhi fungsi waduk yang utama

yaitu untuk PDAM dan irigasi pertanian daerah sekitarnya. Selain itu, pada elevasi +115,00 m, air waduk masih dapat dipergunakan untuk keperluan pariwisata.

#### 4.5. Hubungan Elevasi dan Volume Tampungan

Meninjau dari hasil studi sebelumnya yang telah dilakukan oleh PT. Bina Buana Raya, diperoleh fungsi objektif yang merupakan hubungan antara elevasi dan volume tampungan *Regulating Dam* sebagai berikut :

$$F(x) = 0,00083x^3 - 0,05688x^2 + 1,57185x + 94,55012$$

#### 4.6. Hubungan Elevasi dan Luas Tampungan

Meninjau dari hasil studi sebelumnya yang telah dilakukan oleh PT. Bina Buana Raya, diperoleh

hubungan antara elevasi dan luas tampungan *Regulating Dam* sebagai berikut:

$$F(x) = 0,060x^2 + 2,482x - 752,9$$

#### 4.7. Konversi Debit Menjadi Volume

Salah satu contoh yang diberikan adalah perhitungan pada tengah bulan pertama Januari 2005

a. Bulan Jan I

Jumlah hari 15

b. Perhitungan Inflow

V time ke i-1 40,45 (dalam juta m<sup>3</sup>)

Volume tampungan awal dengan asumsi waduk diisi terlebih dahulu sampai dengan elevasi tampungan efektif (120 m)

$$F(x) = 0,00083x^3 - 0,05688x^2 + 1,57185x + 94,55012$$

$$F(120) = 0,00083(120)^3 - 0,05688(120)^2 + 1,57185(120) + 94,55012$$

$$F(120) = 40,45 \times 10^6 \text{ m}^3$$

c. Perhitungan Inflow time ke-i

Merupakan konversi dari limpasan di Bendung Argoguruh menjadi volume dikalikan perbandingan luasan DAS *Regulating Dam* dengan luasan DAS Argoguruh.

Debit limpasan pada pertengahan Januari I 2005 adalah 362,24 m<sup>3</sup>/dt. Debit tersebut kemudian dikonversi menjadi satuan volume dengan cara dikalikan jumlah hari pada pertengahan Januari I 2005 dikalikan 24 jam 60 menit x 60 detik atau 86.400 detik.

$$V = 362,24 \text{ m}^3/\text{dt} \times 15 \text{ hari} \times 86.400 \text{ dt}$$

$$= 469,47 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Volume tersebut kemudian dikalikan presentase total luasan dari DAS *Regulating Dam* dengan luasan DAS Argoguruh.

$$V = 469,47 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 20.52\%$$

$$= 96,34 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Total inflow time ke-i, 136,79 m<sup>3</sup>

$$V = 40,45 \times 10^6 + 96,34 \times 10^6$$

$$= 136,79 \times 10^6 \text{ m}^3$$



## d. Outflow

## PDAM Pringsewu

Merupakan konversi menjadi satuan volume dengan cara dikalikan jumlah hari pada pertengahan Januari I 2005 dikalikan 24 jam x 60 menit x 60 detik atau 86.400 detik.

$$\begin{aligned} V &= 0,45 \text{ m}^3/\text{dt} \times 15 \text{ hari} \times 86.400 \text{ dt} \\ &= 0,58 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## Evaporasi

Merupakan konversi menjadi satuan volume dengan cara mengalikan angka evaporasi dikalikan jumlah hari pada pertengahan Januari I 2005 dikalikan fungsi hubungan elevasi dan luas *Regulating Dam*. Dengan elevasi +120 m, maka fungsi hubungan elevasi dan luasnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(x) &= 0,060x^2 + 2,482x - 752,9 \\ F(120) &= 0,060*(120)^2 + 2,482*(120) - 752,9 \\ &= 408,94 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 4 \text{ mm/hari} \times 1/1000 \times 15 \text{ hari} \times 408,94 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ &= 0,24 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## Penambahan Sawah Baru

Merupakan konversi menjadi satuan volume dengan cara mengalikan angka NFR dikalikan dikalikan jumlah hari pada pertengahan Januari I 2005 dikalikan 24 jam x 60 menit x 60 detik atau 86.400 detik dikalikan luasan sawah yang dapat diairi sampai dengan jumlah nilai fungsi objektif per periodenya mencapai 80%.

$$\begin{aligned} V &= 1,20 \text{ mm/dt} \times 15 \text{ hari} \times 86.400 \text{ dt} \\ &= 1,20 \times 1/1000 \times 15 \times 86.400 \times 242,90 \text{ ha} \\ &= 0,37 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## Total Outflow

Total outflow adalah hasil dari penjumlahan seluruh komponen outflow yang telah dihitung. Apabila nanti ada lagi komponen outflow yang perlu dimasukkan, maka cara perhitungan konversinya adalah sama.

Total outflow perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= \text{Volume PDAM Pringsewu} + \text{Volume Evaporasi} + \text{Penambahan sawah baru} \\ &= 0,58 \times 10^6 \text{ m}^3 + 0,24 \times 10^6 \text{ m}^3 + 0,37 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ &= 1,20 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## e. Water Balance

Water Balance adalah hasil dari komponen inflow dikurangi seluruh komponen outflow. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= \text{Vinflow} - \text{Voutflow} \\ &= 136,79 \times 10^6 \text{ m}^3 - 1,20 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ &= 135,59 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.8. Tampungan Maksimal *Regulating Dam*

Tampungan maksimal *Regulating Dam* adalah sebesar  $40,45 \text{ m}^3$ , atau pada elevasi +120,00 m. Apabila hasil water balance yang diperoleh ternyata lebih besar dari nilai tampungan maksimal, maka nilai tampungan maksimal dianggap sebagai water balance dan ketinggian air dianggap setinggi elevasi +120,00 m, namun apabila kurang dari ketinggian maksimal maka nilai water balance yang dianggap sebagai ketinggian air tam-

pungan *Regulating Dam*. Pada simulasi Bulan Januari I 2005, hasil dari water balance adalah  $135,59 \times 10^6 \text{ m}^3$ , dan dijadikan sebagai Inflow time ke-i pada bulan Januari II 2005.

Perhitungan kemudian dilanjutkan sampai dengan Bulan Desember II 2013. Setelah perhitungan water balance selesai, kemudian diperiksa dan dihitung jumlah kejadian yang fungsi objektifnya lebih dari atau sama dengan +115,00. Apabila jumlah kejadian tiap setengah bulan yang melebihi fungsi objektif +115,00 tersebut mencapai lebih dari 80,00% dari seluruh kejadian yang disimulasikan, maka simulasi dianggap berhasil, namun apabila kurang dari 80%, maka simulasi tersebut dianggap gagal dan harus dikurangi nilai inflownya. Begitu pula untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya, langkah pengerjaannya adalah sama sesuai dengan skenario yang dibutuhkan.

Dari hasil simulasi, kemudian dihitung jumlah fungsi objektif yang nilainya  $\geq 115$ . Perhitungan simulasi dengan fungsi objektif 115 diperoleh bahwa jumlah kejadian yang nilainya  $\geq 115$  adalah sejumlah 199 kejadian dari total 216 kejadian atau 90,74 % dari fungsi objektif. Karena nilai fungsi objektif  $\geq 80,00\%$ , maka simulasi dinyatakan berhasil.

#### 4.9. Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi dengan perhitungan yang telah diterangkan sebelumnya dan dengan beberapa skenario yang dipilih, diperoleh hasil dari prosentase keberhasilan fungsi objektif sebagai berikut:

Tabel 2. Prosentase keberhasilan fungsi objektif.

No.	Fungsi Objektif	Constrain	Prosentase Jumlah Fungsi Objektif	Keterangan
1	Elevasi 115	PDAM Pringsewu, evaporasi	90,74 %	Berhasil
2	Elevasi 115	PDAM Pringsewu, evaporasi, PDAM Bandar Lampung, PDAM Metro	36,57 %	Gagal
3	Elevasi berapa pun	PDAM Pringsewu, evaporasi, jumlah fungsi objektif 80,00%	80,09 % pada elevasi +116,07 m	Berhasil
4	Elevasi 115	PDAM Pringsewu, evaporasi, penambahan areal sawah baru seluas-luasnya sampai jumlah fungsi objektif 80,00%	80,09 % dengan pengairan sawah baru seluas 242,90 ha.	Berhasil

Sumber: Hasil analisis, 2015

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada *Regulating Dam* dapat ditarik simpulan bahwa:

- Hasil simulasi dengan fungsi objektif 115 dan komponen outflow PDAM Pringsewu dan evaporasi, maka tingkat keberhasilan fungsi objektif 115 adalah sebesar 90,74%;
- Tingkat keberhasilan paling optimal dari simulasi *Regulating Dam* dengan komponen outflow PDAM Pringsewu dan evaporasi tercapai pada elevasi +116,07 m dengan jumlah keberhasilan yaitu sebesar 80,09%;
- Dengan volume yang ada dan sesuai dengan hasil simulasi dengan fungsi objektif 115 dan komponen outflow PDAM Pringsewu dan evaporasi, maka *Regulating Dam* akan mampu mengairi sawah baru seluas 242,90 ha dengan tingkat keberhasilan fungsi objektif 115 sebesar 80,09%;
- Dengan fungsi objektif 115 dan komponen outflow PDAM Pringsewu, PDAM Bandar Lampung, PDAM Metro dan evaporasi, maka simulasi *Regulating Dam* gagal karena tingkat keberhasilan fungsi objektif 115 hanya sebesar 36,09%;
- Dengan keberhasilan simulasi dengan fungsi objektif 115, *Regulating Dam* layak untuk digunakan sebagai fungsi pariwisata;

- f. Hasil simulasi yang telah berhasil menunjukkan bahwa *Regulating Dam* tidak pernah berada pada kondisi tampungan mati atau tidak berisi air.

## 5.2. Saran

Beberapa saran yang penulis berikan dalam penelitian optimasi, yaitu:

- a. Penelitian berikutnya perlu memasukkan variabel-variabel pada kebutuhan air tanaman padi, sehingga hasil penelitian yang didapat akan semakin detail dan tingkat keberhasilan akan semakin besar;
- b. Penelitian berikut agar memasukkan constrain PLTA agar nilai ekonomis pembangunan *Regulating Dam* dapat bernilai positif;
- c. Perlu diperkenalkan suatu program berbasis komputer yang dapat menghitung dan melakukan simulasi *Regulating Dam* atau penelitian sejenis secara cepat, tepat dan akurat.

## REFERENSI

- Armansyah, 2006, "*Kekuatan Struktur Balok Laminasi (Glulam Beams) Pada Sambungan Tegak (Butt Joint) Menggunakan Resin Melamine Formaldehyde Adhesive*". Skripsi S1, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Anonim, 2010, *Format Penulisan Karya Ilmiah*, Universitas Lampung – Lampung.
- Anonim, 2004, *Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air*, Jakarta.
- Bina Buana Raya, PT., 2012, *Laporan Akhir Detail Desain Regulating Dam Way Sekampung*, PT. Bina Buana Raya – Lampung.
- Harto, Sri, 2000, *Hidrologi : Teori, Masalah, Penyelesaian*, Nafiri Offset – Yogyakarta.
- Kiranaratri, AH., 2012, *Tesis*, Universitas Lampung – Lampung.
- Soedibyo, 2003, *Teknik Bendungan*, PT. Pradnya Paramita – Jakarta, hal 1 – 33.
- Soemarto, CD, 1993, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono., Kensaku Takeda, 1985, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Subarkah, Iman, 1980, *Hidrologi untuk Bangunan Air*, Penerbit Idea Dharma, Bandung.
- Susilo, G.E., 2015, *Conversation with Expert*, Bandar Lampung, Indonesia.
- Yosananto, Yedida., Ratnayanti, Rini., 2013, *Studi Simulasi Pola Operasi Waduk untuk Air Baku dan Air Irigasi pada Waduk Darma Kabupaten Kuningan Jawa Barat (221A)*, Proseding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS) - Surakarta, 24-26 Oktober 2013, hal A-163 – A -169.

